



UNIVERSITAS DIPONEGORO

**STUDI KARAKTERISTIK HIDRODINAMIKA PADA *SLIDER*
BEARING DENGAN PERMUKAAN SLIP DAN/ATAU
PERMUKAAN BERTEKSTUR**

TUGAS AKHIR

SIGIT HERMAWAN

L2E 007 075

**FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN TEKNIK MESIN**

SEMARANG

JULI 2012

TUGAS SARJANA

Diberikan kepada:

Nama : Sigit Hermawan

NIM : L2E 007 075

Pembimbing : Dr. Jamari, ST, MT

Jangka Waktu : 7 (tujuh) bulan

Judul : Studi Karakteristik Hidrodinamika Pada *Slider Bearing* dengan Permukaan Slip dan/atau Permukaan Bertekstur

Isi Tugas :

1. Menganalisa pengaruh kondisi batas slip terhadap performansi pelumasan pada permukaan kontak.
2. Menganalisa pengaruh permukaan bertekstur terhadap performansi pelumasan pada permukaan kontak.

Dosen Pembimbing,

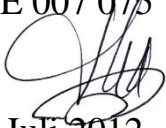


Dr. Jamari, ST, MT

NIP. 197403042000121001

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi/Tesis/Disertasi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun yang dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

NAMA : Sigit Hermawan
NIM : L2E 007 075
Tanda Tangan : 
Tanggal : Juli 2012

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
NAMA : Sigit Hermawan
NIM : L2E 007 075
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin / S-1
Judul Skripsi : Studi Karakteristik Hidrodinamika pada *Slider Bearing*
dengan Permukaan Slip dan/atau Permukaan bertekstur.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan/Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro.

TIM PENGUJI

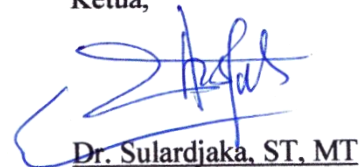
Pembimbing : Dr. Jamari, ST, MT
Penguji : Dr. Ir. Toni Prahasto, MT
Penguji : Ir. Djoeli Satridjo, MT
Penguji : Dr. Syaiful, ST, MT



Semarang, Juli 2012

Jurusan Teknik Mesin

Ketua,


Dr. Sulardjaka, ST, MT

NIP. 197104201998021001

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Diponegoro, yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Sigit Hermawan
NIM : L2E 007 075
Jurusan/Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tugas Akhir

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Diponegoro **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*None-exclusive Royalty Free Right*) atas karya ilmiah saya dan pembimbing yang berjudul:

**“STUDI KARAKTERISTIK HIDRODINAMIKA PADA *SLIDER BEARING*
DENGAN PERMUKAAN SLIP DAN/ATAU PERMUKAAN BERTEKSTUR”**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti/Noneksklusif ini Universitas Diponegoro berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya dan pembimbing sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Semarang
Pada Tanggal : Juli 2012

Yang menyatakan



(Sigit Hermawan)

HALAMAN PERSEMBAHAN

Tugas Sarjana ini sebagai rasa syukur Penulis dan dipersembahkan untuk:

- ✚ Allah SWT atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya.
- ✚ Ibu dan Bapak tercinta yang selalu memberikan do'a dan dukungan baik moril maupun material, semoga Kalian bahagia dan bangga.
- ✚ Seluruh keluargaku tersayang dan teman-teman Teknik Mesin angkatan 2007, terimakasih atas dukungannya.
- ✚ Faradinnita Akhsani dimana pun kamu berada.

ABSTRAK

Slider bearing merupakan komponen mekanik yang digunakan untuk menumpu poros yang mempunyai beban. Salah satu aspek penting dalam kehandalan *slider bearing* adalah performansi pelumasan yang baik. Selama akhir dekade ini telah ditemukan bahwa slip terjadi pada pelumasan. Pada umumnya slip selalu menyebabkan pengurangan *friction force*, tetapi di sisi lain juga menurunkan *load support*. Cara untuk menjadikan slip agar terjadi pada suatu permukaan yaitu dengan membuat permukaan bersifat *hydrophobic* baik secara fisik maupun kimia.

Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik *slider bearing* yang dimodifikasi dengan adanya slip. Konfigurasi *finite width bearing* dimodelkan berbagai konfigurasi seperti heteroslip pola persegi dengan/tanpa permukaan bertekstur dan heteroslip pola trapesium dengan/tanpa permukaan bertekstur. Permodelan dipecahkan dengan menggunakan perangkat lunak komersial *Fluent* yang dimodifikasi dengan kondisi batas slip dan akan dibuat melalui pemrograman *User Define Function* (UDF) untuk memecahkan studi kasus tentang slip.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa penggunaan konfigurasi heteroslip pola trapesium dengan permukaan bertekstur akan menghasilkan *load support* yang paling besar (sampai dengan 100%) daripada konfigurasi yang ada. Dibandingkan dengan konfigurasi yang konvensional, heteroslip pola trapesium dengan permukaan bertekstur juga memiliki *friction force* yang lebih rendah.

Kata kunci: pelumasan, slip, permukaan bertekstur, *sliding*.

ABSTRACT

Slider bearing is a mechanical component that is used to support shaft which carries the load. One of important aspect in the reliability of slider bearing is a good lubrication performance. During the last decade, it has been found that slip occurred on the lubrication. In general, slip always reduces friction force, but on the other side also reduces the load support. There is a way to make slip surface, that is making a surface to be hydrophobic surface using physical or chemical approach.

This study aims to investigate the characteristic of modified slider bearing that have slip boundary condition. Configuration of finite width bearing is modeled with a variety of configuration such as square pattern heterogenous slip with/without recess and trapezoidal pattern heterogenous slip with/without recess. Solution is solved using comersial software Fluent which is added by slip feature through User Define Function (UDF) program to slve the slip case study slip.

The result of simulation shows that the use of trapezoidal pattern heterogenous slip with recess will produce the greatest load support (up to 100%) compares the other configurations. Again compared with the conventional configuration, trapezoidal pattern heterogenous slip with recess produces lower friction force.

Keywords: lubrication, slip, recess, sliding.

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji dan syukur kami panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan segala rahmat dan hidayah-Nya, karena hanya dengan izin-Nya lah maka penulis dapat melewati masa studi dan menyelesaikan Tugas Akhir yang merupakan tahap akhir dari proses untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik Mesin di Universitas Diponegoro.

Kedua sholawat dan salam semoga selalu dilimpahkan kepada Nabi Besar, Nabi akhir jaman, yang diutus untuk seluruh umat manusia, NABI MUHAMMAD SAW, karena dengan cinta, kasih dan tauladanmu setiap umat manusia yang mengikutimu dapat menuju ke kebahagiaan abadi.

Pada dasarnya karya ini tidak akan terselesaikan tanpa bantuan dan dorongan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini perkenankanlah Penulis untuk mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak, diantaranya:

1. Ibu dan Bapak yang telah memberikan dorongan, do'a dan semangat.
2. Dr. Jamari, ST, MT selaku dosen pembimbing Tugas Sarjana.
3. Dr. Ir. Toni Prahasto, MT, Ir. Djoeli Satridjo, MT dan Dr. Syaiful, ST, MT selaku dosen penguji Tugas Sarjana
4. M. Tauviquirrahman, ST, MT dan Rifky Ismail, ST, MT selaku dosen di LAB. EDT.
5. Semua pihak yang telah membantu sampai terselesaikannya laporan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penyusun menyadari bahwa dalam menyusun laporan ini terdapat kekurangan dan keterbatasan, oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun untuk kesempurnaan dan kemajuan penulis dimasa yang akan datang sangat diharapkan. Akhir kata penulis berharap semoga hasil laporan ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Semarang, Juli 2012

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN TUGAS SARJANA.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN	iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI	v
HALAMAN PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK.....	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
NOMENKLATUR	xvi
 BAB I PENDAHULUAN.....	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Pembatasan Masalah	4
1.5 Metode Penelitian.....	4
1.6 Sistematika Penulisan.....	8
 BAB II DASAR TEORI	 9
2.1 <i>Bearing</i>	9
2.2 Klasifikasi <i>Bearing</i>	10
2.3 <i>Slider Bearing</i> (Bantalan Luncur)	12
2.4 Sistem Pelumasan.....	14
2.5 Fenomena Slip.....	16
2.6 Pelumasan Hidrodinamika	18

BAB III PERMODELAN DENGAN METODE VOLUME HINGGA.....	20
3.1 Teori Dasar Metode Volume Hingga.....	20
3.2 Spesifikasi Masalah	25
3.2.1 Konfigurasi I-Permukaan Kondisi No-slip	26
3.2.2 Konfigurasi II-Permukaan Kondisi Heteroslip Menggunakan Pola Persegi.....	29
3.2.3 Konfigurasi III-Permukaan Kondisi Heteroslip Menggunakan Pola Trapesium	31
3.2.4 Konfigurasi IV-Permukaan Kondisi Heteroslip Menggunakan Pola Persegi dengan Permukaan bertekstur.....	34
3.2.5 Konfigurasi V-Permukaan Kondisi Heteroslip Menggunakan Pola Trapesium dengan Permukaan bertekstur	37
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Validasi	41
4.2 Hasil Konfigurasi <i>Bearing</i> dengan Kondisi Heteroslip Tanpa Permukaan bertekstur.....	42
4.3 Hasil Konfigurasi <i>Bearing</i> dengan Kondisi Heteroslip dan Permukaan bertekstur.....	46
BAB IV PENUTUP	52
5.1 Kesimpulan	52
5.2 Saran	52
DAFTAR PUSTAKA	53
LAMPIRAN A PENURUNAN PERSAMAAN <i>NAVIER-STOKES</i>	56
LAMPIRAN B KODE UDF UNTUK KONDISI BATAS SLIP	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	<i>Thrust bearing</i>	1
Gambar 1.2	<i>Roadmap</i> penelitian	6
Gambar 1.3	<i>Flowchart</i> penelitian	7
Gambar 2.1	Kereta celtic dan <i>bearing</i> kayu yang digunakan pada <i>excavator</i>	9
Gambar 2.2	<i>Bucket wheel excavator</i> dan jenis <i>bearing</i> yang digunakan pada kereta celtic	10
Gambar 2.3	Arah beban pada <i>bearing</i>	11
Gambar 2.4	Konstruksi <i>bearing</i> (a) <i>slider bearing</i> (b) <i>roller bearing</i>	12
Gambar 2.5	<i>Slider bearing</i> , (a) <i>thrust bearing</i> (b) <i>journal bearing</i>	12
Gambar 2.6	Perkembangan <i>thrust bearing</i> (a) <i>parallel plat</i> (b) <i>fixed inclined pad</i> (c) <i>tilting pad</i>	13
Gambar 2.7	Jenis-jenis rezim pelumasan (a) <i>Hydrodynamic lubrication</i> , (b) <i>Mixed Lubrication</i> , (c) <i>Boundary Lubrication</i>	15
Gambar 3.1	(a) Pembagian <i>control volume</i> 1 dimensi, (b) Panjang <i>control volume</i>	21
Gambar 3.2	Grid 2 Dimensi	24
Gambar 3.3	Grid 3 Dimensi	25
Gambar 3.4	Geometri <i>slider bearing</i> kondisi no-slip tampak samping	26
Gambar 3.5	Geometri <i>slider bearing</i> kondisi no-slip tampak atas	27
Gambar 3.6	Geometri <i>slider bearing</i> kondisi no-slip tampak isometri	27
Gambar 3.7	Kondisi batas pada domain komputasi <i>slider bearing</i> dengan kondisi no-slip	28
Gambar 3.8	Geometri <i>slider bearing</i> kondisi heteroslip pola persegi tampak samping	29
Gambar 3.9	Geometri <i>slider bearing</i> kondisi heteroslip pola persegi tampak atas	29
Gambar 3.10	Geometri <i>slider bearing</i> kondisi heteroslip pola persegi tampak Isometri	30

Gambar 3.11	Kondisi batas pada domain komputasi <i>slider bearing</i> dengan kondisi heteroslip pola persegi	31
Gambar 3.12	Geometri <i>slider bearing</i> kondisi heteroslip pola trapesium tampak samping.....	32
Gambar 3.13	Geometri <i>slider bearing</i> kondisi heteroslip pola trapesium tampak atas	32
Gambar 3.14	Geometri <i>slider bearing</i> kondisi heteroslip pola trapesium tampak isometri	33
Gambar 3.15	Kondisi batas pada domain komputasi <i>slider bearing</i> dengan kondisi heteroslip pola trapesium.....	34
Gambar 3.16	Geometri <i>slider bearing</i> kondisi heteroslip pola persegi dengan tekstur tampak samping.....	35
Gambar 3.17	Geometri <i>slider bearing</i> kondisi heteroslip pola persegi dengan tekstur tampak atas	35
Gambar 3.18	Geometri <i>slider bearing</i> kondisi heteroslip pola persegi dengan tekstur tampak isometri	36
Gambar 3.19	Kondisi batas pada domain komputasi <i>slider bearing</i> dengan kondisi heteroslip pola persegi dengan tekstur.....	37
Gambar 3.20	Geometri <i>slider bearing</i> kondisi heteroslip pola trapesium dengan tekstur tampak samping	38
Gambar 3.21	Geometri <i>slider bearing</i> kondisi heteroslip pola trapesium dengan tekstur tampak atas.....	38
Gambar 3.22	Geometri <i>slider bearing</i> kondisi heteroslip pola trapesium dengan tekstur tampak isometri.....	39
Gambar 3.23	Kondisi batas pada domain komputasi <i>slider bearing</i> dengan kondisi heteroslip pola trapesium dengan tekstur	40
Gambar 4.1	Grafik perbandingan <i>load support</i> (<i>W</i>) untuk konfigurasi no-slip, heteroslip untuk pola persegi dan heteroslip untuk pola trapesium	42

Gambar 4.2	Grafik perbandingan <i>friction force</i> (F) untuk konfigurasi no-slip, heteroslip untuk pola persegi dan heteroslip untuk pola trapesium	43
Gambar 4.3	Grafik perbandingan kenaikan <i>load support</i> (W) untuk heteroslip pola persegi dan heteroslip untuk pola trapesium terhadap no-slip ($h_1 = 2.3$)	44
Gambar 4.4	Grafik perbandingan perbedaan <i>friction force</i> (F) untuk heteroslip pola persegi dan heteroslip untuk pola trapesium terhadap no-slip ($h_1 = 2.3$)	44
Gambar 4.5	Grafik perbandingan perbedaan koefisien gesek untuk heteroslip pola persegi dan heteroslip untuk pola trapesium terhadap no-slip ($h_1 = 2.3$)	45
Gambar 4.6	Grafik perbandingan <i>load support</i> (W) untuk konfigurasi no-slip (pola persegi dan pola trapesium) dengan tekstur, heteroslip untuk pola persegi dengan tekstur dan heteroslip untuk pola trapesium dengan tekstur	48
Gambar 4.7	Grafik perbandingan <i>friction force</i> (F) untuk konfigurasi no-slip (pola persegi dan pola trapesium) dengan tekstur, heteroslip untuk pola persegi dengan tekstur dan heteroslip untuk pola trapesium dengan tekstur	48
Gambar 4.8	Grafik perbandingan perbedaan <i>load support</i> (W) untuk konfigurasi tekstur persegi, tekstur trapesium, heteroslip untuk pola persegi dengan tekstur dan heteroslip untuk pola trapesium dengan tekstur	49
Gambar 4.9	Grafik perbandingan perbedaan <i>friction force</i> (F) untuk konfigurasi tekstur persegi, tekstur trapesium, heteroslip untuk pola persegi dengan tekstur dan heteroslip untuk pola trapesium dengan tekstur	50
Gambar 4.10	Perbandingan koefisien gesek untuk konfigurasi heteroslip untuk pola persegi dengan tekstur dan heteroslip pola trapesium dengan tekstur	50

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Konfigurasi <i>bearing</i> yang digunakan	26
Tabel 4.1	Nilai <i>load support</i> (W) dan <i>friction force</i> (F) dengan variasi geometri slip pada <i>slider bearing</i> pada konfigurasi I,II dan III	41
Tabel 4.2	Nilai <i>load support</i> (W) dengan variasi geometri <i>slip</i> pada <i>slider bearing</i> pada konfigurasi IV dan V	46
Tabel 4.3	Nilai <i>friction force</i> (F) dengan variasi geometri <i>slip</i> pada <i>slider bearing</i> pada konfigurasi IV dan V	47
Tabel 4.4	Perbandingan hasil berbagai konfigurasi <i>bearing</i>	51

NOMENKLATUR

Simbol	Keterangan	Satuan
h^*	Rasio ketebalan film pada <i>inlet</i> dengan <i>outlet</i>	[-]
μ	Viskositas	[Pas]
σ	Gaya normal fluida	[Pa]
τ	Tegangan geser fluida	[N/m ²]
τ_c	Tegangan geser kritis permukaan	[N/m ²]
τ_{co}	Tegangan geser kritis	[N/m ²]
B	Panjang kontak <i>sliding</i>	[m]
B_s	Panjang daerah <i>slip</i>	[m]
F	Gaya gesek	[N]
P	Tekanan fluida	[Pa]
U_l	Kecepatan permukaan arah x	[m/s]
U_s	Kecepatan <i>slip</i>	[m/s]
W	<i>Load support capacity</i>	[N]
b	Panjang <i>slip</i>	[m]
h_F	Ketebalan <i>fluid film</i>	[m]
D	Kedalaman <i>permukaan bertekstur</i>	[m]
Q	Debit aliran	[m ³ /s]
ρ	Densitas pelumas	[kg/m ³]